Archive of SID

به‌زراعی کشاورزی
دوره ۱۷ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۴
صفحه‌های ۱۰۳۳-۱۰۱۵

پاسخ اکوتیپ‌های مختلف کرچک به تنش کم‌آبی در شرایط آب‌وهوایی اصفهان و شهرکرد

پژمان نیک‌نشان[۱]، علی تدین[۲]* ، محمد رفیعی‌الحسینی[۳] و بابک بحرینی‌نژاد[۴]

۱. دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
۲. دانشیار گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
۳. استادیار گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
۴. استادیار بخش منابع طبیعی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۱۰/۲۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۲/۲۷

چکیده

به‌منظور بررسی پتانسیل بالقوهٔ تحمل خشکی شش اکوتیپ مختلف گیاه کرچک، آزمایشی مزرعه‌ای در دو مکان اصفهان و شهرکرد در سال زراعی ۱۳۹۲ اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل چهار سطح تنش خشکی (عدم تنش برابر با ۳۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی، ۴۵ درصد تخلیهٔ رطوبتی، ۶۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی و ۷۵ درصد تخلیهٔ رطوبتی) به‌عنوان کرت اصلی و شش اکوتیپ کرچک (اصفهان، اردستان، اراک، نایین، یزد و اهواز) به‌عنوان کرت فرعی در سه تکرار در هر دو منطقه به‌طور مجزا انجام گرفت. نتایج این دو آزمایش به‌صورت تجزیهٔ مرکب آنالیز شد. صفات اندازه‌گیری‌شده شامل ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، شاخص سطح برگ، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن صددانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد روغن و عملکرد روغن است. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه و روغن متعلق به اکوتیپ «اصفهان» در منطقهٔ اصفهان تحت شرایط عدم تنش به‌ترتیب با ۱۳۸۸ و ۶۷۳ کیلوگرم در هکتار است.

کلیدواژه‌ها: تنش خشکی، درصد روغن، شاخص برداشت، عملکرد دانه، مکان.

* نویسنده مسئول
Email: tadayyon.sku@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

کرچک[1] گیاهی روغنی دارویی متعلق به تیرهٔ فرفیون[2] است که اغلب در مناطق گرم پراکنش دارد [۴۲]. این گیاه در ایران، اغلب در حاشیهٔ مزارع کشت می‌شود [۷] و متحمل به خشکی است [۴۲]. کرچک یکی از گیاهان روغنی غیرخوراکی است که به علت عملکرد و تولید زیاد و همچنین رشد در مناطق حاشیه‌ای و اقلیم خشک و نیمه خشک مورد توجه است [۱۴]. بیشترین تولید جهانی این گیاه در کشورهای هند، چین، برزیل و موزامبیک است [۲۱]. روغن کرچک روغنی چندکاره با خواصی منحصر به فرد است و کاربردهای روانکاری دارد، زیرا این روغن در دماهای خیلی کم به‌صورت مایع باقی می‌ماند و به‌طور گسترده‌ای در کارخانه‌های فراورده‌های غذایی به‌عنوان مادهٔ روانکار ماشین‌آلات کاربرد دارد. از مشتقات آن نیز به‌عنوان روغن پایه یا مواد افزودنی استفاده می شود [۱۳]. از کاربردهای صنعتی دیگر آن می‌توان به رنگ، مواد آرایشی، صابون، پلیمر، چرم سازی و منسوجات اشاره کرد [۳۶]. روغن کرچک دارای موادی با اثر مسهل و ملین است و در پزشکی استفاده می‌شود. این روغن همچنین به‌عنوان قطرهٔ چشمی برای برطرف کردن تحریکات مواد خارجی در چشم و به‌عنوان حلال و عامل ضدقارچ برای تجویز بعضی از داروها کاربرد دارد [۳۶]. روغن کرچک خوراکی (تصفیه‌شده) در شروع درد زایمان در خانم‌های باردار مؤثر است [۹، ۴].

مقدار روغن به‌دست‌آمده از دانه‌های کرچک، با توجه به ژنوتیپ، شرایط محیطی مختلف، روش کشت و زمان برداشت بین ۴۰ تا ۶۰ درصد در نوسان است [۴۲]. اسید ریسینولئیک که مهم‌ترین اسید چرب روغن کرچک است، نوعی اسید چرب هیدروکسی غیراشباع است که بیش از ۸۹ درصد از ترکیب این روغن را تشکیل داده و ویژگی‌های بی‌نظیری به روغن می‌دهد. عملکرد دانهٔ گیاه کرچک، صفت مهم و بسیار پیچیده ای است که تحت تأثیر عوامل مختلف از جمله ژنوتیپ قرار می گیرد [۲۶]. تنوع ژنتیکی بین ارقام برای صفات زراعی و کمیت و کیفیت دانه نشان می‌دهد که انتخاب و تهیهٔ ارقام مطلوب از لحاظ صفات زراعی و کمیت و کیفیت دانه از ارقام محلی موجود امکان‌پذیر و امیدبخش است. این امر می‌تواند به تولید واریته‌های اصلاح‌شده منجر شود. اثر ژنوتیپ بر کلیهٔ صفات مورد مطالعه در کرچک معنادار شد و بین رقم های مختلف کرچک تفاوت های معناداری از عملکرد دانه و محتوای روغن وجود داشت که نشان‌دهندهٔ تنوع است [۸].

تغییرات اقلیمی عامل تأثیرگذار دیگری است که به طور اساسی بر مقدار و ترکیب روغن تأثیر می گذارد [۴۲]. مقدار روغن و ترکیب اسیدهای چرب روغن کرچک تحت تأثیر آب‌وهوای محل کشت قرار دارد [۲۷، ۲]. متفاوت بودن عرض جغرافیایی از دیگر عوامل اقلیمی مؤثر در عملکرد روغن است [۳۵]. آب مهم‌ترین جزء زندگی است که رشد و تولید گیاه زراعی را به‌ویژه در مناطق خشک بیشتر از هر عامل محیطی دیگری محدود می کند [۱۵]. کاهش بارندگی همراه با تبخیر و تعرق زیاد، احتمال وقوع تنش خشکی در گیاهان زراعی و وحشی را در مناطق خشک و نیمه‌خشک افزایش می‌دهد [۳۸]. میانگین بارندگی در کشور حدود ۲۵۰ میلی متر است که یک سوم متوسط بارندگی جهانی است [۳۴].

اثر تیمارهای مختلف تنش خشکی و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد کرچک متفاوت است و تیمار دور آبیاری یک هفته و تراکم چهار بوته در مترمربع را برای به‌دست آوردن عملکرد بیشتر دانه و روغن، به‌عنوان بهترین ترکیب تیماری معرفی شد [۶]. میزان نیاز آبی در کرچک به رقم، مرحلهٔ رشدی، زمان آبیاری و شرایط

1 . *Ricinus communis* L.
2.Euphorbiaceae

www.SID.ir

Archive of SID

محیطی بستگی دارد [۲۹]. دور آبیاری ۷ تا ۱۴ روز و نیاز آبی ۵۱ تا ۶۱ سانتی متر آب برای کرچک در تکزاس پیشنهاد شد [۱۶]. تأخیر ۱۴ روزه در اولین آبیاری عملکرد کرچک را تا حد زیادی کاهش داد [۲۹].

شرایط خشکی شدید در ایران، شناسایی گیاهانی با ارزش اقتصادی زیاد و سازگار با چنین محیط‌هایی را ضروری ساخته است؛ از دیگر سو خشکسالی در مناطق مرکزی کشور به معضلی بزرگ تبدیل شده است؛ ازاین‌رو هدف پژوهش حاضر، بررسی پتانسیل بالقوهٔ تحمل خشکی اکوتیپ‌های مختلف گیاه کرچک در دو منطقهٔ اصفهان و شهرکرد است.

۲. مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی صفات کمی و کیفی اکوتیپ‌های مختلف کرچک تحت تیمار تنش خشکی در دو منطقهٔ اصفهان و شهرکرد دو آزمایش مزرعه‌ای به صورت مجزا در سال ۱۳۹۲ انجام گرفت. آزمایش اول در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شهرکرد با طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقهٔ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۸ دقیقهٔ شمالی و ۲۰۶۰ متر ارتفاع از سطح دریا و متوسط بارندگی سالانه ۳۱۹ میلی‌متر اجرا شد؛ همزمان آزمایش دوم در مرکز تحقیقات کشاورزی فزوهٔ اصفهان با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۶ دقیقهٔ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۶ دقیقهٔ شمالی با ۱۶۱۲ متر ارتفاع از سطح دریا و متوسط بارندگی سالانهٔ ۱۲۵ میلی‌متر در ۲۰ کیلومتری غرب اصفهان اجرا شد. براساس تقسیم‌بندی آمبرژه هر دو منطقه دارای اقلیم خشک سرد و براساس دسته‌بندی دومارتن مزرعهٔ شهرکرد دارای اقلیم نیمه‌خشک و اصفهان دارای اقلیم خشک است. اطلاعات مقدار بارندگی و متوسط دمای هوای ماهانه در جدول ۱ آورده شده است.

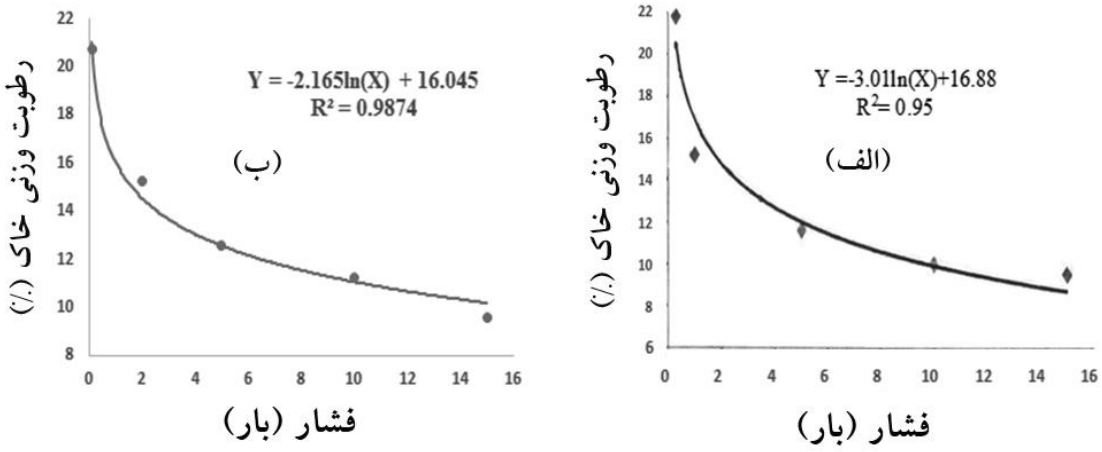
این آزمایش در هر دو مکان به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو منطقهٔ شهرکرد و اصفهان انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح مختلف تنش رطوبتی (عدم تنش برابر با ۳۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی، ۴۵ درصد تخلیهٔ رطوبتی، ۶۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی و ۷۵ درصد تخلیهٔ رطوبتی از رطوبت در دسترس خاک) به‌عنوان عامل اصلی و شش اکوتیپ اصفهان، اردستان، اراک، نایین، یزد و اهواز به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد.

جدول ۱. مقدار بارندگی و متوسط دمای هوای ماهانه در طی دورهٔ رشد کرچک در سال ۱۳۹۲

مکان	عوامل دما و بارندگی	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان
شهرکرد	مقدار بارندگی (mm)	۰/۱	۰	۰	۰	۰	۴۶/۵
	دمای میانگین (°C)	۱۷/۷	۲۲/۹	۳۲/۲	۱۹	۱۳/۲	۸/۲
اصفهان	مقدار بارندگی (mm)	۰	۰	۰	۰	۰/۱	۳۶
	دمای میانگین (°C)	۲۹/۶	۳۳/۲	۳۰/۵	۲۶/۸	۱۹/۲	۱۱/۷

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. منحنی رطوبتی خاک دو اصفهان (الف) و شهرکرد (ب)

برای اعمال تیمار تنش خشکی و تعیین زمان آبیاری ابتدا در دو منطقه منحنی رطوبتی خاک مشخص شد و با اندازه‌گیری‌های منظم با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج خاک[1] مدل GMK-S77، رطوبت خاک در منطقهٔ نفوذ عمق ریشه تعیین شد و در زمان مورد نظر آبیاری انجام گرفت. تنش خشکی قبل از مرحلهٔ ساقه رفتن در شهرکرد ۴۵ روز و اصفهان ۵۰ روز پس از کاشت در گیاه کرچک اعمال شد. منحنی رطوبتی مربوط به خاک دو منطقهٔ اصفهان و شهرکرد به‌ترتیب در شکل‌های ۱ – الف و ۱ – ب ارائه شده است.

قبل از کشت از خاک دو مزرعه نمونه برداری شد که اطلاعات آن در جدول ۲ آورده شده است. برای آماده سازی زمین، هر دو مزرعه شخم و دیسک زده شد و سپس با ماله مسطح شد؛ پس از آن با ردیف‌کن، ردیف‌هایی با فاصلهٔ ۶۵ سانتی‌متر ایجاد شد. بذور اکوتیپ های مختلف کرچک از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه و در زمان کاشت پنج بذر با عمق کاشت ۳ تا ۴ سانتی‌متری با فاصلهٔ ۵۰ سانتی‌متر روی ردیف کشت شد. مرز بین دو کرت اصلی آبیاری ۲/۸۵ متر در نظر گرفته شد و در مرحلهٔ دو تا چهاربرگی عملیات تنک بوته‌ها اجرا شد. کشت در شهرکرد در ۲۷ خرداد و در اصفهان در اول تیر انجام شد. دو مرحله وجین برای مدیریت علف‌های هرز در مرحلهٔ چهاربرگی و پیش از ساقه رفتن انجام شد. سطح برگ توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ[2] مدل GA-5 مشخص شد. شاخص سطح برگ پس از میانگین کل سطح برگ ۱۰ بوته و تقسیم عدد حاصل بر سطح زمینی که پوشانده شده است، حاصل شد. در زمان رسیدگی کامل و براساس کند شدن رشد گیاه و کاهش دمای منطقه، برداشت تیمارها از اوایل تا اواسط آبان انجام گرفت. تاریخ برداشت در شهرکرد اول و دوم و برای اصفهان ۱۶ و ۱۷ آبان ماه بود. نمونه‌گیری برای محاسبهٔ عملکرد از سطح ۱ متر مربع انجام گرفت و رطوبت دانه در این مرحله ۲۰ درصد بود. صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد در مرحلهٔ برداشت اندازه‌گیری شد که شامل تعداد کپسول در بوته از متوسط پنج بوته، تعداد دانه در بوته، وزن صددانه و ارتفاع بوته شد. عامل‌های دیگر شامل عملکرد

1.Soil Moisture Meter

1. Leaf Area meter

www.SID.ir

Archive of SID

دانه و شاخص برداشت کرچک بود. شاخص برداشت براساس نسبت وزن دانه به زیست‌تودهٔ کل محاسبه شد. مقدار روغن دانه با روش سوکسله اندازه‌گیری شد برای این منظور حدود ۵ گرم نمونهٔ آسیاب‌شده بذر در کاغذ صافی پیچیده شده و به‌مدت هشت ساعت در دستگاه سوکسله در معرض حلال پترولیوم اتر قرار داده شد تا درصد روغن دانه اندازه‌گیری شود. عملکرد روغن از حاصل‌ضرب درصد روغن در عملکرد دانه محاسبه شد [۱۱].

جدول ۲. ویژگی‌های خاک مزرعه کرچک در اصفهان و شهرکرد

نمونهٔ خاک	عمق خاک (cm)	بافت خاک	هدایت الکتریکی (dS/m)	pH	کربن آلی (٪)	نیتروژن کل (٪)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)
شهرکرد	۳۰	لومی رسی	۰/۵۱	۷/۸	۰/۴۸	۰/۰۵	۲۶/۶	۳۵۰
اصفهان	۳۰	لومی رسی شنی	۳/۲	۷/۶	۰/۴۷	۰/۰۵	۲۹/۷	۳۰۰

پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها در صفات اندازه‌گیری‌شده، داده‌های مربوط به دو آزمایش در دو منطقه به‌صورت تجزیهٔ مرکب با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (ویرایش ۹) آنالیز واریانس شد. میانگین‌های معنادارشده در تیمار اثرهای متقابل توسط نرم‌افزار آماری MSTATC با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معناداری در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شد.

۳. نتایج و بحث

۱.۳. ارتفاع بوته

صفت ارتفاع بوتهٔ کرچک به طور معناداری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی مکان، تنش خشکی، اکوتیپ و اثر متقابل مکان × تنش خشکی × اکوتیپ در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۳). با توجه به معنادار شدن اثرهای متقابل تیمارهای سه گانه، مقایسهٔ میانگین ها براساس اثرهای متقابل ارائه شد؛ بنابراین تغییرات ارتفاع بوته علاوه‌بر مکان به تنش خشکی و اکوتیپ کرچک بستگی دارد.

بلندترین ارتفاع بوته در تیمار شاهد بدون تنش (۳۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی)، اکوتیپ نایین و مکان اصفهان بود (جدول ۴). همهٔ اکوتیپ‌ها در تیمار ۷۵ درصد تخلیهٔ رطوبتی در شهرکرد و اکوتیپ‌های نایین، یزد و اهواز در تیمار ۶۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی در منطقهٔ شهرکرد از لحاظ آماری کوتاه‌ترین ارتفاع بوته را داشتند. شرایط دمایی بالاتر در اصفهان با وجود خاک شورتر به تولید گیاهانی بلندتر نسبت به شهرکرد منجر شد. حد آستانهٔ شوری برای ظهور گیاهچه و رشد کرچک ۷/۱ دسی‌زیمنس بر متر است. زمانی‌که شوری به ۱۳/۶ دسی‌زیمنس بر متر رسید، ظهور گیاهچه نه روز به تأخیر افتاد و رشد آن ۵۰ درصد کاهش یافت [۴۴]. بنابراین شوری منطقهٔ اصفهان برای کرچک آنچنان شدید نیست که موجب کاهش ارتفاع شود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. نتایج تجزیهٔ مرکب (میانگین مربعات) صفات ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، شاخص سطح برگ، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن صددانه در تیمارهای مختلف تنش خشکی و اکوتیپ در دو منطقهٔ اصفهان و شهرکرد

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	ارتفاع بوته	تعداد برگ در بوته	شاخص سطح برگ	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در بوته	وزن صددانه
مکان	۱	۹۴۷۶۹/۹۱**	۲۲۹۸/۱۳**	۸۱/۲۷**	۱۷۸۰۰/۰۰**	۷۸۹۱۴/۱۷**	۱۳۸/۰۶**
خطای a	۴	۱۴۸/۹۵	۱۱/۲۵	۰/۰۹	۶۵/۷۱	۲۶۹۶/۰۰	۰/۶۸
تنش	۳	۱۸۳۵۷/۷۶**	۶۵۴/۹۱**	۸/۲۴**	۵۱۱۹/۸۹**	۲۲۵۸۰/۲۲**	۲۳/۶۳**
تنش × مکان	۳	۴۹۶۰/۵۴**	۱۵۸/۹۷**	۰/۳۲**	۴۵۵/۳۲**	۴۳۹۶/۸۵^{ns}	۳/۲۴^{ns}
خطای b	۱۲	۳۸/۵۷	۸/۳۸	۰/۰۷	۱۲۱/۳۳	۵۲۸۵/۶۸	۱/۳۳
اکوتیپ	۵	۴۵۷/۶۰**	۳۴/۶۸**	۰/۸۸**	۳۴۱/۸۷**	۴۸۶۹/۱۲**	۴/۸۵**
اکوتیپ × مکان	۵	۵۹۲/۶۸**	۳۲/۳۶**	۰/۳۳**	۳۸۸/۵۳**	۲۱۶۷/۴۵^{ns}	۸/۷۴**
اکوتیپ × تنش	۱۵	۳۸۸/۶۸**	۲۰/۳۰**	۰/۴۶**	۱۴۰/۶۰**	۲۷۷۹/۶۹**	۵/۵۵**
مکان × تنش × اکوتیپ	۱۵	۴۲۹/۷۳**	۴۱/۰۱**	۰/۲۹**	۳۰۴/۳۶**	۱۷۴۰/۲۳^{ns}	۴/۷۵**
خطای c	۸۰	۵۶/۳۷۷۳	۴/۵۹۶۶	۰/۰۹۱۳	۵۱/۰۱۲۵	۱۰۳۷/۵۷	۰/۹۹۸۶
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۰/۳۴	۱۲/۴۴	۱۶/۱۱	۱۳/۹۸	۱۷/۹۰	۶/۰۱

* و ** : نشان‌دهندهٔ سطح احتمال معناداری به‌ترتیب ۱ و ۵ درصد.

جدول ۴. مقایسهٔ میانگین اثرهای متقابل سه‌گانهٔ مکان، تنش خشکی و اکوتیپ در صفات ارتفاع بوته، تعداد برگ، شاخص سطح برگ، تعداد کپسول در گیاه و وزن صددانه

مکان	تنش خشکی (٪ تخلیهٔ رطوبتی)	اکوتیپ	ارتفاع بوته (cm)	تعداد برگ	شاخص سطح برگ	تعداد کپسول در بوته	وزن صددانه (g)
شهرکرد	۳۰	اصفهان	۵۳/۵۵$^{o-r}$	۱۵/۲۶$^{h-o}$	۱/۶۲$^{k-o}$	۴۴/۱۱$^{l-r}$	۱۵/۰۰$^{i-k}$
		اردستان	۵۶/۸۳$^{n-q}$	۱۵/۲۰$^{h-o}$	۱/۶۱$^{k-o}$	۶۵/۴۴$^{d-h}$	۱۶/۳۳$^{e-i}$
		اراک	۵۶/۱۶$^{o-q}$	۱۶/۴۰$^{g-k}$	۲/۰۳$^{g-k}$	۵۷/۴۴$^{g-k}$	۱۶/۰۰$^{f-j}$
		نایین	۶۵/۶۱$^{k-o}$	۱۵/۸۰$^{g-m}$	۱/۵۱$^{l-o}$	۵۳/۲۲$^{j-n}$	۱۷/۶۶$^{c-e}$
		یزد	۷۳/۸۸$^{i-m}$	۱۸/۲۰$^{e-h}$	۱/۳۰$^{n-q}$	۵۳/۴۴$^{i-n}$	۱۸/۰۰$^{b-d}$
		اهواز	۶۴/۰۵$^{l-o}$	۱۷/۱۳$^{f-i}$	۱/۲۳$^{o-r}$	۴۳/۶۶$^{l-r}$	۱۵/۶۶$^{g-j}$

2. LSD

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۴. مقایسهٔ میانگین اثرهای متقابل سه‌گانهٔ مکان، تنش خشکی و اکوتیپ در صفات ارتفاع بوته، تعداد برگ، شاخص سطح برگ، تعداد کپسول در گیاه و وزن صددانه

مکان	تنش خشکی (٪ تخلیهٔ رطوبتی)	اکوتیپ	ارتفاع بوته (cm)	تعداد برگ	شاخص سطح برگ	تعداد کپسول در بوته	وزن صددانه (g)
۴۵		اصفهان	۴۷/۶۶$^{q-t}$	۱۳/۱۳$^{k-r}$	۱/۴۱$^{m-p}$	۴۲/۸۸$^{m-r}$	۱۵/۶۶$^{g-j}$
		اردستان	۴۲/۴۴$^{r-v}$	۱۲/۰۶$^{o-s}$	۱/۵۸$^{k-o}$	۴۰/۸۸$^{o-r}$	۱۴/۶۶$^{j-l}$
		اراک	۵۰/۶۱$^{p-s}$	۱۶/۴۰$^{g-k}$	۱/۵۵$^{k-o}$	۳۶/۰۰$^{q-t}$	۱۸/۰۰$^{b-d}$
		نایین	۴۶/۵۵$^{q-u}$	۱۲/۵۳$^{m-s}$	۰/۹۱$^{q-s}$	۲۳/۷۷$^{u-v}$	۱۶/۳۳$^{e-i}$
		یزد	۵۱/۵۰$^{p-s}$	۱۴/۸۰$^{h-p}$	۱/۴۵$^{l-o}$	۵۴/۸۸$^{h-l}$	۱۶/۳۳$^{e-i}$
		اهواز	۵۰/۳۳$^{p-s}$	۱۱/۶۶$^{p-s}$	۱/۱۴$^{o-r}$	۵۳/۷۷$^{i-n}$	۱۵/۳۳$^{h-k}$
۶۰		اصفهان	۴۶/۱۱$^{q-t}$	۱۲/۶۶$^{l-r}$	۰/۸۹$^{q-s}$	۳۳/۲۲$^{r-u}$	۱۶/۰۰$^{f-j}$
		اردستان	۴۵/۸۳$^{q-t}$	۱۲/۱۳$^{n-s}$	۰/۷۶^{rs}	۳۳/۱۱$^{r-u}$	۱۵/۳۳$^{h-k}$
		اراک	۴۶/۲۷$^{q-u}$	۱۲/۶۶$^{l-r}$	۰/۹۴$^{p-s}$	۳۹/۵۵$^{p-s}$	۱۷/۳۳$^{c-f}$
		نایین	۴۳/۷۷$^{r-v}$	۱۰/۸۰$^{q-s}$	۰/۹۳$^{p-s}$	۴۳/۲۲$^{m-r}$	۱۵/۳۳$^{h-k}$
		یزد	۳۹/۵۵$^{s-v}$	۱۳/۳۳$^{j-q}$	۱/۱۳$^{o-r}$	۵۴/۲۲$^{h-m}$	۱۶/۶۶$^{d-h}$
		اهواز	۳۷/۲۲$^{t-v}$	۹/۱۳^{s}	۰/۸۱$^{q-s}$	۱۹/۳۳^{v}	۱۴/۰۰$^{k-l}$
۷۵		اصفهان	۳۲/۶۶^{v}	۱۲/۱۳$^{n-s}$	۰/۵۶^{s}	۱۸/۸۸^{v}	۱۴/۰۰$^{k-l}$
		اردستان	۳۳/۵۵^{v}	۱۱/۵۳$^{p-s}$	۰/۸۹$^{q-s}$	۳۲/۵۵$^{r-u}$	۱۳/۳۳^{l}
		اراک	۳۶/۰۰$^{t-v}$	۹/۶۶$^{r-s}$	۰/۵۹^{s}	۲۷/۸۸$^{t-v}$	۱۵/۳۳$^{h-k}$
		نایین	۳۴/۵۵$^{u-v}$	۱۱/۹۳$^{o-s}$	۰/۶۲^{s}	۲۸/۶۶$^{s-v}$	۱۴/۰۰$^{k-l}$
		یزد	۳۷/۶۶$^{t-v}$	۱۲/۶۰$^{l-s}$	۰/۸۴$^{q-s}$	۳۴/۷۷$^{q-u}$	۱۵/۶۶$^{g-j}$
		اهواز	۳۴/۵۰$^{u-v}$	۱۰/۵۳$^{q-s}$	۰/۶۰^{s}	۲۳/۶۶$^{u-v}$	۱۳/۳۳^{l}
۳۰		اصفهان	۱۳۵/۱۱^{cd}	۳۵/۲۰^{a}	۳/۶۰$^{a-c}$	۸۴/۳۳^{a}	۲۰/۶۶^{a}
		اردستان	۱۵۲/۴۴^{b}	۳۴/۸۴^{a}	۳/۱۹^{cd}	۷۶/۱۱^{ad}	۱۶/۰۰$^{f-j}$
		اراک	۱۴۴/۸۸^{bc}	۳۸/۲۴^{a}	۳/۶۵$^{a-c}$	۷۹/۵۵^{ab}	۱۶/۶۶$^{d-h}$
		نایین	۱۷۶/۸۸^{a}	۳۱/۲۰^{b}	۲/۶۵^{ef}	۶۷/۵۵$^{c-g}$	۱۸/۶۶^{bc}
		یزد	۱۴۰/۷۷^{bc}	۲۱/۶۰$^{c-e}$	۳/۷۶^{ab}	۷۹/۸۸^{ab}	۲۰/۶۶^{a}
		اهواز	۱۲۴/۴۴^{de}	۲۲/۶۶^{c}	۲/۶۴^{ef}	۶۴/۰۰$^{e-j}$	۱۸/۶۶^{bc}

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۴. مقایسهٔ میانگین اثرهای متقابل سه‌گانهٔ مکان، تنش خشکی و اکوتیپ در صفات ارتفاع بوته، تعداد برگ، شاخص سطح برگ، تعداد کپسول در گیاه و وزن صددانه

مکان	تنش خشکی (٪ تخلیهٔ رطوبتی)	اکوتیپ	ارتفاع بوته (cm)	تعداد برگ	شاخص سطح برگ	تعداد کپسول در بوته	وزن صددانه (g)
۴۵		اصفهان	۱۱۹/۷۷^{ef}	۲۲/۱۳^{cd}	۳/۵۱^{bc}	۷۸/۰۰$^{a-c}$	۲۰/۳۳^{a}
		اردستان	۱۲۲/۸۸^{e}	۱۸/۲۶$^{e-h}$	۴/۰۶^{a}	۶۴/۸۸^{de}	۱۹/۳۳^{ab}
		اراک	۱۰۹/۷۷^{fg}	۱۴/۴۰$^{i-p}$	۲/۹۸^{de}	۷۹/۲۲^{ab}	۱۸/۶۶^{bc}
		نایین	۸۶/۵۵^{h}	۲۳/۴۶^{c}	۲/۳۹$^{f-h}$	۸۲/۳۳^{a}	۱۶/۰۰$^{f-j}$
		یزد	۱۰۲/۰۰^{g}	۲۲/۴۰^{cd}	۲/۴۸^{fg}	۷۰/۱۱$^{b-e}$	۱۵/۰۰$^{i-k}$
		اهواز	۶۲/۰۰$^{m-p}$	۱۵/۹۳$^{g-m}$	۲/۳۱$^{f-i}$	۶۶/۵۵$^{c-g}$	۱۸/۰۰$^{b-d}$
۶۰		اصفهان	۷۴/۳۳$^{i-l}$	۲۲/۲۶^{cd}	۲/۳۶$^{f-i}$	۶۱/۸۸$^{e-k}$	۱۷/۳۳$^{c-f}$
		اردستان	۸۷/۸۸^{h}	۱۵/۶۰$^{g-n}$	۲/۳۳$^{f-i}$	۶۹/۱۱$^{b-f}$	۱۷/۳۳$^{c-f}$
		اراک	۴۷/۱۱$^{q-t}$	۱۵/۹۳$^{g-m}$	۱/۸۸$^{i-m}$	۳۵/۴۴$^{q-t}$	۱۶/۶۶$^{d-h}$
		نایین	۸۵/۲۲$^{h-i}$	۱۶/۶۶$^{g-j}$	۲/۵۲$^{e-g}$	۴۵/۵۵$^{l-q}$	۱۸/۰۰$^{b-d}$
		یزد	۷۶/۴۴$^{h-k}$	۱۶/۶۶$^{g-j}$	۱/۷۶$^{j-n}$	۵۰/۶۶$^{k-p}$	۱۷/۰۰$^{d-g}$
		اهواز	۸۱/۸۸$^{h-j}$	۱۸/۹۳$^{d-g}$	۲/۲۸$^{f-i}$	۴۵/۲۲$^{l-q}$	۱۵/۶۶$^{g-j}$
۷۵		اصفهان	۷۳/۳۳$^{i-m}$	۱۹/۰۰$^{d-g}$	۲/۲۴$^{f-j}$	۵۸/۴۴$^{f-k}$	۱۶/۰۰$^{f-j}$
		اردستان	۷۷/۶۶$^{h-k}$	۱۷/۵۳$^{f-i}$	۲/۳۹$^{f-h}$	۵۲/۲۲$^{k-o}$	۱۸/۶۶^{bc}
		اراک	۷۰/۰۰$^{j-m}$	۲۰/۳۳$^{c-f}$	۱/۹۴$^{h-l}$	۵۳/۲۲$^{j-n}$	۱۶/۰۰$^{f-j}$
		نایین	۶۹/۴۴$^{k-m}$	۱۳/۰۶$^{k-s}$	۱/۴۲$^{m-p}$	۴۵/۲۲$^{l-q}$	۱۷/۶۶$^{c-e}$
		یزد	۶۸/۷۷$^{k-n}$	۱۶/۰۶$^{g-l}$	۲/۲۴$^{f-j}$	۴۰/۲۲$^{p-s}$	۱۷/۳۳$^{c-f}$
		اهواز	۶۸/۶۶$^{k-n}$	۱۷/۰۶$^{f-i}$	۲/۳۸$^{f-h}$	۴۲/۵۵$^{n-r}$	۱۶/۰۰$^{f-j}$
مقایسهٔ میانگین		LSD	۱۲/۲۰	۳/۴۸	۰/۴۹۱۰	۱۱/۶۱	۱/۶۲

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون اختلاف معناداری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند (LSD).

ارتفاع بوته اغلب به ژنوتیپ بستگی دارد، ولی تحت تأثیر مکان و سال آزمایش نیز قرار می‌گیرد [۳۰]. ارتفاع بوته از صفات مهم در برداشت مکانیزهٔ کرچک است که ارتفاع کمتر از ۲ متر برای این مورد مناسب است، ولی با افزایش آب قابل دسترس بوته رشد بیشتری دارد که به‌دلیل غیرانتهایی بودن رشد کرچک، ارتفاع گل آذین افزایش می یابد و همبستگی مثبتی بین عملکرد دانه در بوته و ارتفاع گل آذین وجود دارد [۳۱، ۶]. کمبود آب و بروز تنش خشکی که سبب کاهش طول گیاه می‌شود، ناشی از کاهش سرعت رشد گیاه است [۳۷]. تنش خشکی بر طول سلول‌ها در قسمت‌های حساس به کمبود آب اثر می‌گذارد و فشار تورژسانس بر پتانسیل آب در حال رشد تأثیر می‌گذارد و موجب کاهش رشد می‌شود [۲۵، ۱۸].

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵. میزان همبستگی بین صفات اندازه‌گیری‌شده در تیمار تنش خشکی و اکوتیپ در منطقهٔ اصفهان و شهرکرد

(اعداد داخل پرانتز، متعلق به منطقهٔ شهرکرد هستند)

صفات	ارتفاع بوته	تعداد برگ در بوته	شاخص سطح برگ	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در بوته	وزن صد دانه	عملکرد دانه	شاخص برداشت	درصد روغن	عملکرد روغن
ارتفاع بوته	۱									
تعداد برگ در بوته	(۰/۶۸۶**) ۰/۷۳۴**	۱								
شاخص سطح برگ	۰/۵۸۴**	۰/۵۹۱**	۱							
تعداد کپسول در بوته	(۰/۶۹۴**) ۰/۶۱۰**	(۰/۴۶۵**) ۰/۵۷۲**	۰/۶۱۷**	۱						
تعداد دانه در بوته	(۰/۶۲۱**) ۰/۳۴۰*	(۰/۵۲۸**) ۰/۲۷۶*	(۰/۶۲۷**) ۰/۵۳۲**	۰/۲۴۹*	۱					
وزن صد دانه	(۰/۴۲۰**) ۰/۶۱۹**	(۰/۴۱۶**) ۰/۵۲۱**	(۰/۳۸۹**) ۰/۴۱۱**	(۰/۶۷۸**) ۰/۴۵۵**	۰/۰۹۹ns	۱				
عملکرد دانه	(۰/۳۶۹**) ۰/۶۶۴**	(۰/۰۳۷ns) ۰/۵۷۷**	(۰/۴۵۵**) ۰/۵۶۱**	(۰/۳۷۵**) ۰/۵۸۱**	(۰/۱۷۷ns) ۰/۴۹۰**	۰/۴۲۵**	۱			
شاخص برداشت	(۰/۶۰۸**) ۰/۵۲۰**	(۰/۴۴۸**) ۰/۶۱۹**	(۰/۵۱۰**) ۰/۵۰۳**	(۰/۷۱۲**) ۰/۵۰۸**	(۰/۷۱۲**) ۰/۳۹۸**	(۰/۴۴۵**) ۰/۳۵۴**	۰/۶۲۰**	۱		
درصد روغن	(۰/۴۲۲**) ۰/۶۱۸**	(۰/۴۶۸**) ۰/۵۳۶**	(۰/۳۴۸*) ۰/۵۳۷**	(۰/۱۲۴ns) ۰/۵۳۹**	(۰/۲۱۱ns) ۰/۳۰۶*	(۰/۱۵۳ns) ۰/۵۹۴**	(۰/۱۸۹ns) ۰/۶۳۲**	۰/۴۹۳**	۱	
عملکرد روغن	(۰/۵۱۵**) ۰/۶۹۹**	(۰/۴۳۵**) ۰/۶۰۸**	(۰/۳۳۳*) ۰/۵۸۷**	(۰/۲۵۱*) ۰/۵۹۸**	(۰/۳۲۸*) ۰/۶۲۳**	(۰/۲۳۶*) ۰/۴۸۵**	(۰/۴۴۹**) ۰/۹۸۴**	(۰/۵۶۱**) ۰/۶۳۰**	۰/۷۵۵**	۱
	(۰/۶۴۴**)	(۰/۵۰۳**)	(۰/۵۲۳**)	(۰/۶۸۰**)	(۰/۷۱۴**)	(۰/۴۵۳**)	(۰/۹۷۷**)	(۰/۳۰۰*)	(۰/۶۱۴**)	

www.SID.ir

Archive of SID

میزان همبستگی بین صفات مورد مطالعه در مناطق اصفهان و شهرکرد در جدول ۵ ارائه شده است. مطابق این جدول صفت ارتفاع بوته با همهٔ صفات تعداد برگ در بوته، شاخص سطح برگ، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد روغن و عملکرد روغن در هر دو منطقهٔ اصفهان و شهرکرد همبستگی مثبت و معناداری دارد. همچنین مطابق جدول ۵ بالاترین همبستگی (R = ۰/۷۳۴) بین صفت ارتفاع بوته و تعداد برگ در بوته در منطقهٔ اصفهان بود.

۲.۳. تعداد برگ در بوته

صفت تعداد برگ در بوته به طور معناداری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی مکان، تنش خشکی و اکوتیپ و اثر متقابل مکان × تنش خشکی × اکوتیپ در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین تعداد برگ مربوط به تیمار شاهد بدون تنش، اکوتیپ‌های اصفهان، اردستان و اراک در منطقهٔ اصفهان و کمترین تعداد برگ در همهٔ اکوتیپ‌های تحت تیمار ۷۵ درصد تخلیهٔ رطوبتی در شهرکرد و اکوتیپ اهواز در منطقهٔ شهرکرد تحت تنش ۶۰ درصد حاصل شد (جدول ۴). علت افزایش تعداد برگ در منطقهٔ اصفهان نسبت به منطقهٔ شهرکرد را می‌توان مساعدتر بودن شرایط اقلیمی در اصفهان دانست. این نتیجه در تناقض با نتایج دیگر محققان است که در آن تیمار آبیاری اثر معناداری بر تعداد برگ در گیاه آفتابگردان نداشت [۲۴]؛ اما آبیاری تعداد برگ در گیاه و شاخص سطح برگ را افزایش می‌دهد که این می‌تواند ناشی از تفاوت در واکنش ارقام باشد [۲۸، ۲۳]. علت تناقض ممکن است در گل انتهایی بودن آفتابگردان و گل غیرانتهایی بودن کرچک باشد. رشد اولیهٔ رویشی برای استقرار کرچک خیلی مهم است. رشد سطح برگ و تعداد برگ به‌طور مستقیم مربوط به ظرفیت گیاه است تا نور را دریافت کند و پدیدهٔ فتوسنتز را انجام دهد. برگ در حال توسعه، مخزنی برای عناصر غذایی و کربوهیدرات هاست، ولی هنگامی که ظرفیت فتوسنتزی آن نسبت به رشد و تنفس نگهداری بیشتر شود به منبع تبدیل می‌شود. بسیاری از جنبه‌های مدیریت کرچک نظیر جمعیت بهینه گیاهی، نیاز آبی، مدیریت آفات، بیماری‌ها و علف هرز، از تعداد و اندازه برگ تأثیر می‌پذیرد [۳۹].

صفت تعداد برگ در بوته با تمامی صفات به جز صفت وزن صددانه در منطقهٔ شهرکرد همبستگی مثبت و معناداری دارد (جدول ۵). همچنین مطابق این جدول، بیشترین همبستگی (R = ۰/۶۱۹) بین صفت تعداد برگ در بوته و شاخص برداشت در منطقهٔ اصفهان بود.

۳.۳. شاخص سطح برگ

صفت شاخص سطح برگ به‌طور معناداری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی مکان، تنش خشکی و اکوتیپ قرار گرفت. در ضمن همهٔ اثرهای متقابل دوگانهٔ مکان × تنش، مکان × اکوتیپ، اکوتیپ × تنش و اثر متقابل سه‌گانهٔ مکان، تنش خشکی و اکوتیپ در سطح ۵ درصد معنادار شد (جدول ۳). بیشترین شاخص سطح برگ‌ها از لحاظ آماری در اکوتیپ‌های اصفهان، اراک و یزد در ۳۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی و اکوتیپ اردستان تحت تیمار ۴۵ درصد تخلیهٔ رطوبتی در منطقهٔ اصفهان و کمترینِ آن، در همهٔ اکوتیپ‌ها در تیمار ۷۵ درصد تخلیهٔ رطوبتی و همهٔ اکوتیپ‌ها به‌جز یزد در تیمار ۶۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی در منطقهٔ شهرکرد مشاهده شد (جدول ۴). بین بیشترین و کمترین درصد شاخص سطح برگ، ۶۲۵ درصد تفاوت وجود دارد.

کاهش شاخص سطح برگ در اثر تنش خشکی در کلزا [۱۹] و آفتابگردان [۳۳] مشاهده شد. در شرایط خشکی به‌علت کاهش تورژسانس و در نتیجه توقف رشد سلولی رشد برگ کاهش می‌یابد و از طرف دیگر، برگ‌ها زودتر از

www.SID.ir

Archive of SID

موعد پیر می‌شوند [۴۳]. گاهی به‌دلیل کم شدن تعرق گیاهی در شرایط کم‌آبی کاهش سطح برگ به نفع گیاه است [۱]. خشکی، بین اندام‌های ازدست‌دهندهٔ آب به‌دست‌آورندهٔ آب، تعادل ایجاد می‌کند [۳۲]. شاخص سطح برگ رشدونمو گیاهی را مشخص می‌کند، اما حداکثر اندازهٔ شاخص سطح برگ کرچک در مقایسه با گیاهان زراعی دیگر نظیر سورگوم (۷ تا ۸)، سویا (۳ تا ۶) و پنبه (۵ تا ۷) کم است [۱۷].

پنج صفت شاخص سطح برگ با تمامی صفات مورد مطالعه در منطقهٔ اصفهان شهرکرد همبستگی مثبت و معناداری داشت (جدول ۵). مطابق این جدول، بیشترین همبستگی (R = ۰/۶۹۴) بین صفت شاخص سطح برگ و ارتفاع بوته در منطقهٔ شهرکرد بود.

۴.۳. تعداد کپسول در بوته

تیمارهای آزمایشی مکان، اکوتیپ و تنش خشکی و اثرهای متقابل دو و سه‌گانهٔ آن تأثیر معناداری بر صفت تعداد کپسول در بوته داشت (جدول ۳). ازاین‌رو تغییرات این صفت علاوه‌بر مکان، اکوتیپ و تنش خشکی نیز بر آن تأثیرگذار بوده است. اکوتیپ‌های اصفهان، اردستان، اراک و یزد در منطقهٔ اصفهان تحت شرایط بدون تنش (شاهد) بیشترین تعداد کپسول در گیاه را داشتند، درحالی که اکوتیپ‌های اصفهان، اراک، نایین و اهواز تحت تنش شدید خشکی و اکوتیپ اهواز تحت ۶۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی در منطقهٔ شهرکرد کمترین بودند (جدول ۴). کاهش فواصل دور آبیاری، تعداد کپسول در بوته کرچک نیز افزایش یافت [۶]. به‌دلیل امکان پوک بودن تعدادی از کپسول‌ها، تعداد دانه در بوته، شاخص بهتری نسبت به تعداد کپسول در بوته است [۸].

صفت تعداد کپسول در بوته با تمامی صفات به جز صفت شاخص برداشت در منطقهٔ شهرکرد، همبستگی مثبت و معناداری داشت (جدول ۵). در ضمن مطابق این جدول، بیشترین همبستگی (R = ۰/۷۱۲) بین صفت تعداد کپسول در بوته و عملکرد دانه در منطقهٔ اصفهان بود.

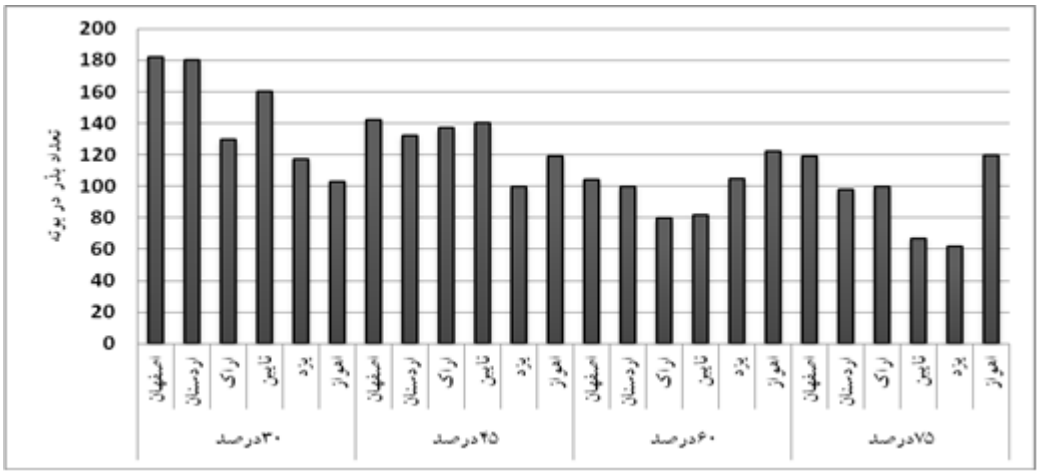
۵.۳. تعداد دانه در بوته

براساس نتایج آنالیز واریانس، صفت تعداد دانه در بوته در تیمارهای مکان، تنش و اکوتیپ در سطح احتمال ۵ درصد معنادار شد (جدول ۳). در ضمن اثر متقابل عامل دوگانهٔ تنش در اکوتیپ معنادار شد (جدول ۳). مطابق این جدول اثر متقابل دوگانهٔ اکوتیپ در مکان، تنش در مکان و اثر متقابل سه‌گانهٔ مکان × اکوتیپ × تنش معنادار نشد. در تیمار اثر متقابل تنش در اکوتیپ، اکوتیپ اصفهان، اردستان و نایین در ۳۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی بیشترین و اکوتیپ‌های یزد، نایین و اردستان در ۷۵ درصد تخلیهٔ رطوبتی و اکوتیپ‌های نایین و اراک کمترین تعداد بذر در بوته را داشتند (شکل ۲). در این اثرمتقابل دوگانه ۱۹۳ درصد تفاوت بین بیشترین و کمترین تعداد بذر در بوته وجود داشت.

تعداد دانه در بوته در کرچک با کاهش آب آبیاری کم شد [۶]. تعداد دانه در بوته در قیاس با تعداد کپسول در بوته شاخص بهتری برای ارزیابی عملکرد داشت، زیرا امکان پوک بودن بخشی از کپسول‌ها و عدم تشکیل دانه در آنها وجود دارد [۶]. تنش خشکی تعداد دانه در بوته را در آفتابگردان نیز کاهش داده است که یکی از علل آن افزایش درصد پوکی دانه در نتیجهٔ کامل نشدن فرایند باروری است [۱۰]. واکنش به تنش خشکی بین گیاهان رشد محدود و رشد نامحدود متفاوت است. در گیاهان رشد محدود، مرحلهٔ گرده‌افشانی باعث دسته‌بندی مشخصی بین مراحل رویشی و زایشی می‌شود. گیاه در واکنش به تنش خشکی قبل از گرده‌افشانی، تعداد دانه خود را کاهش می‌دهد و اگر خشکی بعد از گرده‌افشانی رخ بدهد، وزن دانه را کاهش می‌دهد [۳۹]. واکنش در کرچک به تنش خشکی پیچیده‌تر است، چون گیاه گل‌آذین‌ها را در زمان‌های متفاوتی تولید می‌کند. هر گل‌آذین می‌تواند تعداد دانه و وزن دانه را براساس شرایط محیطی و وضعیت منبع مخزن تنظیم کند [۳۹].

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. مقایسهٔ میانگین تعداد دانه در بوته در تیمار اثر متقابل اکوتیپ × تنش

صفت تعداد دانه در بوته با صفت وزن صددانه در هر دو منطقهٔ اصفهان و شهرکرد و صفت شاخص برداشت در منطقهٔ شهرکرد همبستگی نشان نداد (جدول ۵)، ولی با صفات عملکرد دانه، درصد روغن، عملکرد روغن، ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، شاخص سطح برگ و تعداد کپسول در بوته همبستگی مثبت و معناداری داشت که بیشترین همبستگی (R = ۰/۷۱۴) بین صفت تعداد دانه در بوته و عملکرد روغن در منطقهٔ شهرکرد بود. در ضمن مطابق این جدول، بین این صفت و صفات شاخص برداشت و وزن صددانه همبستگی معناداری فقط در منطقهٔ اصفهان وجود داشت.

۳.۶. وزن صددانه

مکان، اکوتیپ و تنش خشکی، اثر متقابل دوگانهٔ مکان در اکوتیپ، اکوتیپ در تنش و اثر متقابل سه‌گانهٔ مکان، اکوتیپ و تنش برای صفت وزن صددانه در سطح احتمال ۵ درصد معنادار شد (جدول ۳). اکوتیپ‌های اصفهان و یزد در منطقهٔ اصفهان در شرایط تیمار شاهد بدون تنش و اکوتیپ اصفهان در همین منطقه تحت ۴۵ درصد تخلیهٔ رطوبتی بیشترین وزن صددانه را داشتند. کمترین وزن صددانه در مکان شهرکرد تحت تنش شدید خشکی برای اکوتیپ‌های اصفهان، اردستان، نایین و اهواز، اهواز تحت ۶۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی و اردستان تحت ۴۵ درصد تخلیهٔ رطوبتی رخ داد (جدول ۴) که احتمالاً به این دلیل است که مواد فتوسنتزی کمتری به دانه‌ها منتقل می‌شود و درنتیجه دانه وزن کمتری دارد. تنش خشکی سبب کاهش وزن هزاردانه و تعداد دانه در گیاه آفتابگردان می‌شود [۱۰، ۵]. خصوصیات دانه توسط اثر متقابل شرایط محیطی و عوامل ژنتیکی تعیین می‌شود [۴۰]. سرعت و دورهٔ پر شدن دانه دو جزئی هستند که وزن نهایی بذر را ارائه می‌دهند. تفاوت در وزن نهایی دانه بین دو رقم گیاه کرچک با نام‌های 'الگوآرانی' و 'فابا:۱' بیشتر ناشی از دورهٔ پر شدن طولانی‌تر دانه نسبت به سرعت رشد بالاتر بود [۴۱]. کم شدن وزن دانه در تنش خشکی به‌دلیل کاهش جذب آب و املاح توسط گیاه و کاهش ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی و شیرهٔ پرورده به دانه‌هاست [۵].

صفت وزن صددانه با تمامی صفات به جز شاخص برداشت، تعداد برگ در بوته در منطقهٔ شهرکرد و تعداد دانه در بوته در هر دو منطقهٔ اصفهان و شهرکرد همبستگی مثبت و معناداری نشان داد (جدول ۵). در بین صفات، بیشترین همبستگی (R = ۰/۶۱۴) بین صفت وزن صددانه و صفت ارتفاع بوته برقرار بود.

www.SID.ir

Archive of SID

۳.۷. عملکرد دانه

صفت عملکرد دانه تحت تأثیر تیمارهای اصلی و تمامی اثرهای متقابل آنها در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۶). اکوتیپ اصفهان در منطقهٔ اصفهان تحت تیمارهای ۳۰ و ۴۵ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک بیشترین عملکرد دانه را نشان دادند (جدول ۷)؛ زیرا هر دو تعداد کپسول در بوته و وزن صددانهٔ بالایی داشتند، ولی تعداد برگ کمتری در اکوتیپ و منطقهٔ مذکور در تیمار ۴۵ درصد نسبت به ۳۰ درصد تولید شد، ولی هر دو از لحاظ آماری دارای شاخص سطح برگ یکسان بودند و توانایی جذب نور خورشید را به یک اندازه داشتند (جدول ۴). اکوتیپ‌های اراک، اصفهان، یزد و اهواز تحت تیمار ۷۵ درصد تخلیهٔ رطوبتی و اکوتیپ اهواز و اردستان تحت ۶۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی اکوتیپ اصفهان در ۴۵ درصد تخلیهٔ رطوبتی در منطقهٔ شهرکرد، کمترین عملکرد را داشتند (جدول ۷). وزن کپسول و عملکرد دانهٔ کرچک به‌طور خطی با افزایش محدودیت آبی در همهٔ گل‌آذین‌ها کاهش یافت و رطوبت خاک نزدیک به ظرفیت مزرعه بالاترین میزان را نشان دادند [۱۲]. تنش خشکی عملکرد دانه در آفتابگردان در هکتار را کاهش داد [۱۰]. عملکرد دانه از صفات مهم و پیچیده‌ای است که درنتیجه اثرهای متقابل صفات زیادی در گیاه است که این صفات نیز تحت تأثیر عوامل مختلف نظیر ژنوتیپ قرار می‌گیرد [۲۶].

صفت عملکرد دانه با تمامی صفات به جز صفت شاخص برداشت در منطقهٔ شهرکرد، همبستگی مثبت و معناداری داشت (جدول ۵). بیشترین همبستگی (R = ۰/۹۸۴) بین صفت عملکرد دانه و عملکرد روغن در منطقهٔ اصفهان بود.

جدول ۶. نتایج تجزیهٔ مرکب (میانگین مربعات) صفات عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد روغن و عملکرد روغن در تیمارهای مختلف تنش خشکی، اکوتیپ در دو مکان اصفهان و شهرکرد

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	عملکرد دانه	شاخص برداشت	درصد روغن	عملکرد روغن
مکان	۱	۲۲۷۴۴۲۴/۷۹**	۹۳۶/۹۸**	۰/۱۶^{ns}	۳۸۴۶۴۵/۳۰**
خطای a	۴	۲۰۸۰/۷۷	۸/۷۲	۵/۹۱	۱۴۷/۸۷
تنش	۳	۹۸۶۱۳۸/۷۶**	۶۵۵/۲۶**	۲۶۰/۴۴**	۲۶۲۹۲۴/۰۹**
تنش × مکان	۳	۷۷۹۳۲/۲۱**	۸۸/۴۷**	۲۰/۰۸**	۱۲۹۵۹/۷۶**
خطای b	۱۲	۲۴۶۷۸/۷۸	۱۶/۷۶	۱/۹۲	۴۲۸۶/۰۹
اکوتیپ	۵	۲۳۱۶۱۱/۲۸**	۱۵۵/۲۱**	۸/۳۷**	۴۸۵۳۴/۵۶**
اکوتیپ × مکان	۵	۱۸۶۱۸۹/۶۳**	۱۹۰/۲۹**	۳۳/۴۹**	۳۸۲۹۹/۱۴**
اکوتیپ × آبیاری	۱۵	۳۸۴۸۹/۹۲**	۵۶/۲۶**	۱۸/۸۹**	۱۰۳۵۰/۳۵**
مکان × تنش × اکوتیپ	۱۵	۷۴۳۴۴/۰۴**	۶۶/۹۲**	۱۶/۵۳**	۱۵۹۴۹/۳۵**
خطای c	۸۰	۶۵۸۲/۱۵	۹/۷۳۷۳	۲/۲۹۷۶	۱۳۵۰/۷۳
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۲/۶۵	۹/۲۲	۳/۷۰	۱۳/۷۸

* و **: نشان‌دهندهٔ سطح احتمال معناداری به‌ترتیب ۱ و ۵ درصد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷. مقایسهٔ میانگین اثرهای متقابل سه‌گانهٔ مکان، تنش خشکی و اکوتیپ در صفات عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد روغن و عملکرد روغن

مکان	تنش خشکی (٪ تخلیهٔ رطوبتی)	اکوتیپ	عملکرد دانه (kg/ha)	شاخص برداشت (٪)	درصد روغن	عملکرد روغن (kg/ha)
شهرکرد	۳۰	اصفهان	۷۱۱/۱۱$^{e-g}$	۴۲/۱۷$^{b-f}$	۴۵/۷۵^{b}	۳۲۵/۲۴$^{d-g}$
		اردستان	۶۶۹/۲۳$^{f-i}$	۴۶/۹۷$^{a-c}$	۴۳/۸۳$^{b-d}$	۲۹۳/۲۱$^{g-j}$
		اراک	۵۸۹/۷۴$^{g-k}$	۴۲/۵۹$^{b-e}$	۴۱/۸۶$^{c-j}$	۲۴۷/۵۳$^{i-m}$
		نایین	۷۵۲/۱۳$^{e-f}$	۴۹/۴۶^{a}	۴۳/۶۴$^{b-d}$	۳۲۸/۹۴$^{d-g}$
		یزد	۸۳۵/۸۹$^{d-e}$	۴۷/۱۱$^{a-b}$	۴۵/۹۱^{b}	۳۸۳/۷۶^{d}
		اهواز	۵۴۵/۲۹$^{i-m}$	۴۱/۵۹$^{d-f}$	۴۲/۷۲$^{c-f}$	۲۳۳/۲۳$^{k-m}$
	۴۵	اصفهان	۳۳۸/۴۶$^{o-p}$	۳۰/۴۷$^{o-t}$	۳۹/۹۲$^{h-o}$	۱۳۳/۴۸$^{q-s}$
		اردستان	۷۷۵/۲۱$^{e-f}$	۳۸/۲۹$^{e-i}$	۴۲/۸۱$^{c-f}$	۳۳۲/۰۴$^{d-g}$
		اراک	۴۵۲/۹۹$^{l-o}$	۳۶/۴۷$^{g-k}$	۴۲/۲۵$^{c-h}$	۱۹۱/۳۸$^{l-q}$
		نایین	۵۹۹/۹۹$^{g-k}$	۳۴/۱۰$^{i-p}$	۴۴/۰۸$^{b-c}$	۲۶۴/۹۷$^{h-k}$
		یزد	۵۷۸/۶۳$^{h-l}$	۴۰/۲۲$^{e-g}$	۴۵/۷۸^{b}	۲۶۴/۷۵$^{h-k}$
		اهواز	۵۱۸/۸۰$^{j-m}$	۲۶/۵۲$^{s-v}$	۴۱/۰۱$^{e-k}$	۲۱۲/۲۳$^{k-o}$
	۶۰	اصفهان	۵۲۱/۳۶$^{j-m}$	۳۰/۸۹$^{n-s}$	۴۱/۱۳$^{e-k}$	۲۱۵/۲۱$^{k-n}$
		اردستان	۴۲۳/۹۳$^{m-p}$	۳۹/۳۷$^{e-h}$	۴۰/۶۷$^{f-l}$	۱۷۲/۵۳$^{n-s}$
		اراک	۴۸۴/۶۱$^{k-n}$	۳۱/۲۸$^{l-s}$	۳۸/۹۲$^{k-q}$	۱۸۸/۲۵$^{m-r}$
		نایین	۴۴۳/۵۸$^{m-r}$	۲۵/۶۳$^{t-v}$	۳۷/۷۸$^{n-s}$	۱۶۶/۸۱$^{n-s}$
		یزد	۵۳۰/۷۶$^{j-m}$	۴۵/۷۷$^{a-d}$	۴۵/۸۸^{b}	۲۴۲/۹۳$^{i-m}$
		اهواز	۳۲۳/۰۷$^{o-p}$	۳۰/۹۸$^{m-s}$	۴۰/۵۶$^{f-o}$	۱۳۱/۰۳$^{r-s}$
	۷۵	اصفهان	۳۳۷/۶۰$^{o-p}$	۳۰/۱۱$^{o-t}$	۳۶/۶۱$^{q-s}$	۱۲۳/۴۲^{s}
		اردستان	۴۷۱/۷۹$^{k-n}$	۴۱/۹۴$^{c-f}$	۳۲/۷۸^{t}	۱۵۴/۳۹$^{o-s}$
		اراک	۳۱۶/۲۳^{p}	۲۴/۵۵$^{u-v}$	۳۹/۴۶$^{j-p}$	۱۲۴/۹۵^{s}
		نایین	۴۴۸/۷۱$^{l-o}$	۳۶/۰۲$^{g-m}$	۳۸/۰۱$^{m-r}$	۱۷۰/۵۴$^{n-s}$
		یزد	۳۷۴/۳۵$^{n-p}$	۳۴/۷۴$^{h-o}$	۳۶/۹۸$^{q-s}$	۱۳۸/۴۷$^{p-s}$
		اهواز	۳۲۹/۰۵$^{o-p}$	۲۵/۴۷$^{t-v}$	۳۵/۶۴$^{r-s}$	۱۱۷/۶۸^{s}
۳۰		اصفهان	۱۳۸۸/۰۳^{a}	۳۸/۴۱$^{i-e}$	۴۸/۴۵^{a}	۶۷۳/۲۲^{a}
		اردستان	۱۰۰۴/۲۷$^{b-c}$	۴۵/۸۰$^{a-d}$	۴۸/۷۴^{a}	۴۸۹/۸۴^{c}
		اراک	۶۰۱/۷۰$^{g-k}$	۳۷/۲۶$^{f-j}$	۴۱/۵۳$^{d-j}$	۲۴۹/۸۸$^{i-l}$
		نایین	۱۰۸۵/۴۷^{b}	۳۴/۰۸$^{i-p}$	۴۳/۹۸$^{b-d}$	۴۷۶/۹۹^{c}
		یزد	۱۰۱۹/۶۵$^{b-c}$	۲۶/۶۹$^{s-u}$	۳۷/۵۳$^{o-s}$	۳۸۳/۰۰^{d}
		اهواز	۷۶۴/۹۵$^{e-f}$	۲۹/۲۵$^{p-u}$	۴۳/۹۲$^{b-d}$	۳۳۶/۰۹$^{d-g}$

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۷. مقایسهٔ میانگین اثرهای متقابل سه‌گانهٔ مکان، تنش خشکی و اکوتیپ در صفات عملکرد دانه ...

مکان	تنش خشکی (٪ تخلیهٔ رطوبتی)	اکوتیپ	عملکرد دانه (kg/ha)	شاخص برداشت (٪)	درصد روغن	عملکرد روغن (kg/ha)
اصفهان	۴۵	اصفهان	۱۳۶۹/۲۳^{a}	۳۱/۹۷$^{k-r}$	۴۲/۰۴$^{c-i}$	۵۷۶/۸۱^{b}
		اردستان	۶۹۹/۱۴$^{f-h}$	۳۶/۳۴$^{g-l}$	۴۳/۱۹$^{c-e}$	۳۰۲/۶۳$^{f-i}$
		اراک	۱۰۷۲/۶۴^{b}	۳۳/۹۲$^{i-p}$	۴۱/۹۴$^{c-i}$	۴۴۸/۷۵^{c}
		نایین	۹۶۲/۳۹$^{b-d}$	۲۱/۰۴^{v}	۳۸/۲۶$^{l-q}$	۳۶۷/۷۰$^{d-e}$
		یزد	۷۷۶/۹۲$^{e-f}$	۲۸/۳۲$^{q-u}$	۳۹/۷۶$^{i-p}$	۳۰۹/۸۷$^{e-h}$
		اهواز	۵۵۵/۵۵$^{i-m}$	۳۲/۱۶$^{k-r}$	۴۰/۲۵$^{g-m}$	۲۲۳/۶۱$^{k-n}$
	۶۰	اصفهان	۶۴۷/۸۶$^{f-j}$	۳۳/۰۸$^{j-q}$	۳۷/۳۶$^{p-s}$	۲۴۲/۹۱$^{j-m}$
		اردستان	۷۵۱/۲۸$^{e-f}$	۲۷/۳۴$^{r-u}$	۴۲/۵۶$^{c-g}$	۳۲۰/۱۱$^{e-h}$
		اراک	۴۷۶/۰۶$^{k-n}$	۳۱/۳۱$^{l-s}$	۴۲/۵۰$^{c-g}$	۲۰۲/۱۶$^{l-o}$
		نایین	۵۲۴/۷۸$^{j-m}$	۳۴/۱۴$^{i-p}$	۳۹/۶۴$^{i-p}$	۲۰۸/۶۰$^{k-o}$
		یزد	۷۷۶/۹۲$^{e-f}$	۲۴/۷۰$^{u-v}$	۴۱/۰۲$^{e-k}$	۳۱۸/۰۹$^{e-h}$
		اهواز	۵۲۵/۶۴$^{j-m}$	۲۸/۵۹$^{q-u}$	۳۸/۳۰$^{l-q}$	۲۰۱/۳۹$^{l-o}$
	۷۵	اصفهان	۹۳۲/۴۷$^{c-d}$	۲۹/۲۳$^{p-u}$	۳۸/۰۷$^{m-r}$	۳۵۴/۹۶$^{d-f}$
		اردستان	۵۳۱/۶۲$^{j-m}$	۳۰/۱۸$^{o-t}$	۳۸/۳۵$^{l-q}$	۲۰۳/۴۵$^{l-o}$
		اراک	۴۸۲/۰۵$^{k-n}$	۲۴/۷۲$^{u-v}$	۳۵/۴۵^{s}	۱۶۸/۹۸$^{n-s}$
		نایین	۵۲۴/۷۸$^{j-m}$	۳۵/۸۱$^{g-n}$	۴۰/۲۰$^{g-n}$	۲۱۱/۴۱$^{k-o}$
		یزد	۴۸۹/۷۴$^{k-n}$	۲۶/۳۰$^{s-u}$	۳۹/۸۱$^{h-p}$	۱۹۴/۷۴$^{l-p}$
		اهواز	۴۴۱/۸۸$^{m-p}$	۲۹/۶۲$^{p-u}$	۳۹/۰۲$^{k-q}$	۱۷۲/۵۸$^{n-s}$
مقایسهٔ میانگین		LSD	۱۳۱/۸	۵/۰۷	۲/۴۶	۵۹/۷۲

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون اختلاف معناداری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند (LSD).

۸.۳. شاخص برداشت

صفت شاخص برداشت در تیمارهای آزمایشی مکان، اکوتیپ و تنش خشکی و اثرهای متقابل آنها در سطح احتمال ۵ درصد معنادار شد (جدول ۶). اکوتیپ‌های نایین، یزد و اردستان در منطقهٔ شهرکرد تحت شرایط بدون تنش (شاهد) بیشترین شاخص برداشت و اکوتیپ نایین، یزد و اراک به‌ترتیب در تیمارهای ۴۵، ۶۰ و ۷۵ درصد تخلیهٔ رطوبتی در منطقهٔ اصفهان و اکوتیپ‌های اهواز، نایین و اراک به‌ترتیب تحت تیمارهای ۴۵، ۶۰ و ۷۵ درصد تخلیهٔ رطوبتی در منطقهٔ شهرکرد پایین‌ترین شاخص برداشت را نشان دادند (جدول ۷) که ممکن است به‌دلیل تأثیر تنش خشکی بر رشد همزمان رویشی و زایشی و رویکرد اتخاذشده توسط گیاه برای اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر برای تسهیم بین بخش زایشی و تکمیل پر کردن دانه‌ها و

www.SID.ir

Archive of SID

بخش رویشی باشد که به نوع واکنش اکوتیپ بستگی دارد. تنش خشکی سبب کاهش شاخص برداشت در تمام ژنوتیپ های آفتابگردان و افت عملکرد دانه می شود [۲۲]. کاهش شاخص برداشت در اثر تنش رطوبتی مشاهده شد، اگرچه در مقایسه با افت عملکرد دانه چشمگیر نبود [۱۰]. شاخص برداشت گرچه مفهومی ساده است، خیلی مفید به نظر می‌رسد؛ زیرا چند فرایند پیچیده نظیر فتوسنتز، تجمع زیست توده و اختصاص منابع به دانه را دربرمی گیرد. اختصاص زیست‌توده به ساختارهای رویشی و زایشی تحت تأثیر تنش خشکی قرار می گیرد [۳۹]. انتظار می‌رود کرچک به دلیل اجزایی با انرژی زیاد نظیر روغن و پروتئین زیاد شاخص برداشت پایین تری داشته باشد [۴۲]. از راه های افزایش شاخص برداشت، کاهش سطح برگ همراه با افزایش کارایی فتوسنتزی و ساقه ها و دمبرگ های باریک‌تر و کوتاه‌تر است [۳۹].

صفت شاخص برداشت با تمامی صفات به جز صفت تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن صددانه و عملکرد دانه در منطقهٔ شهرکرد، همبستگی مثبت و معناداری داشت (جدول ۵). مطابق این جدول، بیشترین همبستگی (R = ۰/۹۸۴) بین صفت شاخص برداشت و عملکرد روغن در منطقهٔ اصفهان بود.

۹.۳. درصد روغن و عملکرد روغن

صفات درصد روغن و عملکرد روغن در تیمارهای آزمایشی اکوتیپ و تنش خشکی و اثرهای متقابل سه‌گانه در سطح احتمال ۵ درصد معنادار شد (جدول ۶). در ضمن عامل مکان تأثیر معناداری در صفت عملکرد روغن داشت. بیشترین درصد روغن اکوتیپ های اصفهان و اردستان در منطقهٔ اصفهان تحت تیمار ۳۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی و کمترین آن در اکوتیپ اردستان در منطقهٔ شهرکرد تحت ۷۵ درصد تخلیهٔ رطوبتی مشاهده شد (جدول ۷). بین بیشترین و کمترین درصد روغن کرچک ۴۸ درصد تفاوت وجود دارد. تحت تنش، بذور سبک تر با درصد کمتر روغن تولید می‌شوند [۲۰]. با توجه به اینکه روغن در اندوسپرم دانهٔ کرچک ذخیره شده است، با افزایش تنش، مقدار اندوسپرم دانه کرچک به کل دانه کاهش می‌یابد. کاهش درصد روغن تحت تأثیر تنش خشکی در آفتابگردان نیز مشاهده شد که ممکن است ناشی از کمبود رطوبت خاک، کاهش فتوسنتز و در نتیجهٔ مواد فتوسنتزی، کاهش تخصیص مواد به بخش‌های مختلف گیاهی و در نهایت نرسیدن گیاه به پتانسیل ژنتیکی باشد [۵]. مقدار روغن و ترکیب اسیدهای چرب کرچک تحت تأثیر منطقهٔ کاشت قرار دارد که ناشی از متفاوت بودن اقلیم در منطقه است [۲]. دما یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر در مقدار روغن است و زیاد بودن میانگین دما سبب زیاد شدن روغن می‌شود. دماهای رشد بالای ۳۵ و پایین‌تر از ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد سبب کاهش عملکرد تولید روغن دانه‌ها می‌شوند [۳].

بیشترین عملکرد روغن از اکوتیپ اصفهان در منطقهٔ اصفهان تحت شرایط بدون تنش خشکی حاصل شد و همهٔ اکوتیپ‌ها در تنش شدید و اکوتیپ‌های اردستان، نایین و اهواز در تیمار ۶۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی در منطقهٔ شهرکرد از لحاظ آماری کمترین عملکرد روغن را نشان دادند (جدول ۷). بین بیشترین و کمترین عملکرد روغن تفاوت ۴۷۲ درصدی مشاهده شد. تیمارهای مختلف آبیاری تأثیری بر شاخص برداشت و درصد روغن نداشتند [۶]، درحالی که عملکرد دانه و عملکرد روغن در فاصلهٔ دور یک هفته آبیاری بیشترین و در چهار هفته فاصلهٔ آبیاری کمترین میزان مشاهده شد. بیشترین عملکرد دانه و عملکرد روغن تحت آبیاری کامل بدون هیچ‌گونه تنش در مراحل رشدی بود، حاصل شد [۲۴]. خصوصیات اولیهٔ مهم اقتصادی مانند عملکرد دانه و مقدار روغن دانه صفتی کمّی محسوب می‌شود [۴۰].

پنج صفت درصد روغن با تمامی صفات مورد مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID

در هر دو منطقهٔ اصفهان و شهرکرد همبستگی مثبت و معناداری داشت (جدول ۵). مطابق این جدول، بیشترین همبستگی (R = ۰/۷۵۵) بین صفت درصد روغن و ارتفاع بوته در منطقهٔ شهرکرد بود. پنج صفت عملکرد روغن با تمامی صفات مورد مطالعه در هر دو منطقهٔ اصفهان و شهرکرد همبستگی مثبت و معناداری داشت. مطابق این جدول، بیشترین همبستگی (R = ۰/۹۸۴) بین صفت عملکرد روغن و عملکرد دانه در منطقهٔ اصفهان بود.

۴. نتیجه‌گیری

در مجموع صفات اندازه‌گیری‌شده در شرایط مختلف تنش خشکی نشان داد که منطقهٔ اصفهان بهتر از منطقهٔ شهرکرد است. با توجه به نیاز حرارتی زیاد گیاه کرچک، به نظر می‌رسد منطقهٔ اصفهان به‌علت دمای بیشتر اقلیمی، عملکرد مقبول‌تری نسبت به منطقهٔ شهرکرد تولید کرد. تیمار تنش خشکی با کاهش اجزای عملکرد سبب کم شدن معنادار عملکرد دانه شد. اکوتیپ‌های کرچک در این آزمایش در واکنش به مکان و تنش خشکی، پاسخ‌های متفاوتی نشان دادند، ولی در روند کلی، تمام اکوتیپ‌ها در منطقهٔ اصفهان عملکرد دانهٔ بیشتری داشتند و تحت تنش خشکی عملکرد دانه و روغن کاهش یافت. اکوتیپ 'اصفهان' تحت شرایط بدون تنش در مکان اصفهان بیشترین عملکرد دانه و عملکرد روغن را نشان داد.

منابع

۱. آلیاری ه و شکاری ف (۱۳۷۹) دانه‌های روغنی، زراعت و فیزیولوژی. چاپ اول، انتشارات عمیدی، تبریز. ۱۸۲ ص.

۲. امیدبیگی ر و علی‌رضالو ا (۱۳۸۹) اثر محل کاشت بر میزان روغن و ترکیب اسیدهای چرب گیاه دارویی کرچک. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۶(۴): ۵۳۰-۵۲۱.

۳. امیدبیگی ر، علی‌رضالو ا، علی‌رضالو ک و حبیبی نوده ف (۱۳۸۸) ارزیابی کیفیت و خصوصیات فیزیکوشیمیایی روغن کرچک در آذربایجان غربی. پژوهش‌های صنایع غذایی. ۱۹(۲): ۷۸-۶۹.

۴. پیرداده پیرانوند س، اظهری ص، لطفعلی‌زاده م و شاکری م ت (۱۳۸۶) تأثیر روغن کرچک بر شروع زایمان در حاملگی ۴۰-۴۲ هفته. مجله دانشگاه علوم پزشکی بابل. ۹ (۴): ۳۸-۳۳.

۵. جباری ح، اکبری غ ع، دانشیان ج، الهدادی ا و شهبازیان ن (۱۳۸۶) اثرات تنش کم‌آبی بر خصوصیات زراعی هیبریدهای آفتابگردان. کشاورزی. ۹(۱): ۲۲-۱۳.

۶. رضوانی مقدم پ، نباتی ج، نوروزپور ق و محمدآبادی ع ا (۱۳۸۳) بررسی خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد دانه و روغن کرچک در تراکم‌های مختلف گیاهی و فواصل مختلف آبیاری. پژوهش‌های زراعی ایران ۲(۱): ۱۲-۱.

۷. شهسواری م ر (۱۳۹۱) اثر فواصل بین و روی ردیف کاشت بر برخی صفات زراعی کرچک قرمز. به‌زراعی نهال و بذر. ۲۸(۲): ۱۵۵-۱۴۵.

۸. شیدفر ر، تاج‌بخش م، حسن‌زاده قورت‌تپه ع و رشدی م (۱۳۹۰) بررسی برخی صفات زراعی ژنوتیپ های مختلف کرچک در منطقهٔ آذربایجان غربی. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۴(۴): ۲۰۳-۱۹۵.

۹. صابری ف، عابدزاده م، سادات ز و اسلامی ع ر (۱۳۸۶) بررسی اثر روغن کرچک بر القای دردهای زایمانی. فصلنامه فیض. ۱۱(۴): ۲۳-۱۹.

۱۰. کریم‌زاده اصل خ، مظاهری د و پیغمبری س ع (۱۳۸۲) اثر چهار دور آبیاری بر عملکرد و صفات کمی سه رقم آفتابگردان. علوم کشاورزی ایران. ۳۴(۲): ۳۰۱-۲۹۳.

www.SID.ir

Archive of SID

11. Akpan UG, Jimoh A and Mohammad AD (2006) Extraction, Characterization and Modification of Castor Seed Oil. Leonardo Journal of Sciences. 8: 43-52.

12. Alves Rios GF, De Carvalho LG, Montoani Silva B, Da Silva WG, Conceicão Rezende F and Magela Pereira G (2013) Component production of castor bean crop irrigated by different soil water tensions. Agricultural Water Management. 127: 7-12.

13. Anjami K (2005) Purole–Coloured castor (*Ricinus communis* L.) rare multiple resistant morphotype. Current Science. 88(2): 13-14.

14. Berman P, Nizri S and Wiesman Z (2011) Castor oil biodiesel and its blends as alternative fuel. Biomass and Bioenergy. 35(7): 2861-2866.

15. Boyer JS (1982) Plant Productivity and environment. Science. 218: 443-448.

16. Brigham RD and Spears BR (1960) Castor beans in Texas Agricultural Experiment Station. B-954: 12 pp.

17. Campbell DN, Rowland DL, Schnell RW, Ferrell JA and Wilkie AC (2014) Developing a castor (*Ricinus communis* L.) production system in Florida, U.S.: Evaluating crop phenology and response to management. Industrial Crops and Products. 53: 217-227.

18. Christian KR (1997) Effects of environment on the growth of alfalfa. Advances in Agronomy. 29: 183-219.

19. Diepenbrock W (2000) Yield analysis of winter oilseed rape (Brassica napus l.). A review. Field Crops Research. 67: 35-49.

20. EMBRAPA (2007) Cultivo da Mamona. Sistemas de Product¸ ão 11. Embrapa Clima Temperado. Available at www.cnpt.embrapa.br/culturas/canola/p_sp03_2007.pdf. (accessed 5 January 2015). Brazil.

21. FAO statistic (2014) In: FAO, editor. FAO. Available at: http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/E2012 (accessed 28 December 2014).

22. Fereres E, Gimez C and Fernandez M (1986) Genetic variability in sunflower cultivars under drought. Yield relationships. Australian Journal of Agricultural Research. 37: 573-582.

23. Gajri PR, Gill KS, Chaudhary MR and Singh R (1997) Irrigation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in relation to tillage and mulching. Agricultural Water Management. 34: 149-160.

24. Göksoy AT, Demir AO, Turan ZM and Dağüstü N (2004) Responses of sunflower (*Helianthus annus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. Field Crops Research. 87: 167-178.

25. Grimes DW and Wiley PL (1992) Alfalfa yield and plant water variable irrigation. Crop Science. 32: 1381-1387.

26. Jabari H, Akbari GhA, Daneshiyan G, Alahdadi A and Shahbaziyan N (2007) Effect of water stress in agronomical feature of sunflower hybrid. Journal of Agriculture. 9(1): 13-22.

27. Jose RL, Ursicino D and Rafael DQ (1990). Definite influence of location and climatic condition on the fatty acid composition of sunflower seed oil. Journal of the American Oil Chemists Society. 67(10): 618-623.

28. Karaata H (1991) Water-production functions of sunflower under Kırklareli conditions. Journal of Atatürk Village Affair Research Institute, Kırklareli. 28: 92.

29. Kittock DL, Williams JH and Hanway DG

www.SID.ir

Archive of SID

(1967) Castor bean yield and quality as influenced by irrigation schedules and fertilization rates. Agronomy. 59: 463-467.

30. Koutroubas SD, Papakosta DK and Doitsinis A (1999) Adaptation and yielding ability of Castor plant (*Ricinus communis* L.) genotypes in a Mediterranean climate. European Journal of Agronomy. 11: 227-237.

31. Laureti D and Marras G (1995) Irrigation of castor (*Ricinus communis* L.) in Italy. European Journal of Agronomy. 4: 229-235.

32. Liu F and Stützel H (2004) Biomass partitioning, specific leaf area and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to drought stress. Scientia Horticulturae. 102:15-27.

33. Manivannan P, Abul Jaleel C, Sankar B, Kishorekumar A, Somasundaram R, Lakshmanan GMA and Panneerselvam R (2007) Growth , biochemical modifications and proline metabolism in (*Helianthus annuus* L.) as induced by drought stress. Colloids and Surfaces, Bointerhaces. 59: 141-149.

34. Mohammadi R, Haghparast R, Aghaei Sarbazeh M and Abdollahi A (2006) Evalution of drought tolerance rate of advanced genotypes of durum wheat on the basis of physiologic standards and pther related indices. Iranian Agriculture Sciences. 37(1): 561-567.

35. Morison JIL and Morecroft MD (2006) Plant Growth and Climate Change. Blackwell Publishing, New York, 213p.

36. Ogunniyi DS (2006) Castor oil: A vital industrial raw material. Bioresource Technology. 97: 1086-1091.

37. Rizzo V and Di Bari V (1988) Effects of fewer water applications on sunflower (*Helianthus annuus* L.) in the south of Italy. Proceeding 12th international conferences Novi Sad. Yugoslavia. Pp. 453-458.

38. Samarakoon AB and Gifford RM (1995) Soil water content under plants at high CO2 concentration and interaction with the treatment CO2 effect. A species comparison. Journal of Biogeography. 22: 193-202.

39. Severinoa LS and Auld DL (2013) A framework for the study of the growth and development of castor plant. Industrial Crops and Products. 46: 25-38.

40. Severino LS, Auld DL, Baldanzi M, Cândido MJD, Chen G, Crosby W, Tan D, He X, Lakshmamma P, Lavanya C, Machado OLT, Mielke T, Milani M, Miller TD, Morris JB, Morse SA, Navas AA, Soares DJ, Sofi atti V, Wang ML, Zanotto MD and Zieler H (2012) A Review on the Challenges for Increased Production of Castor. Agronomy Journal. 104(4):853-880.

41. Vallejos M, Rondanini D and Wassner DF (2011) Water relationships of castor bean (*Ricinus communis* L.) seeds related to final seed dry weight and physiological maturity. European Journal of Agronomy. 35: 93-101.

42. Weiss EA (2000) Oilseed Crops. 2th Ed. Blackwell Science, Oxford Ltd. 364 p.

43. Wright PR, Morgan JM, Jessop RS and Gass A (1995) Comparative adaptation of Canola (*Brassica napus*) and Indian mustard (*B. juncea*) to soil water deficits: yield and yield components. Field Crops Research. 42: 1-13.

44. Zhou G, Ma BL, Li J, Feng C, Lu J and Qin P (2010) Determining salinity threshold level for castor bean emergence and stand establishment. Crop Science. 50: 2030-2036.

www.SID.ir

www.SID.ir